

# Power supply circuitry for a transponder and operable with infinitesimal power from receiving antenna

**Patent number:** US5731691  
**Publication date:** 1998-03-24  
**Inventor:** NOTO HIROYUKI (JP)  
**Applicant:** OKI ELECTRIC IND CO LTD (JP)  
**Classification:**  
 - international: G05F1/10; G01S13/74  
 - european: G06K7/00E; G06K19/07T; H02J17/00; H02M7/06; G01S13/75C8  
**Application number:** US19960683310 19960718  
**Priority number(s):** JP19950185385 19950721

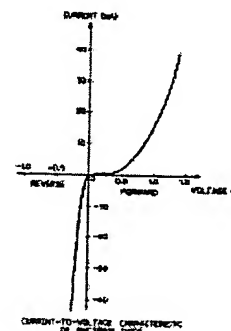
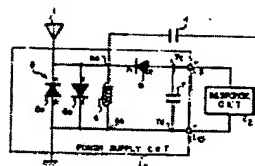
$$AI = AB$$

Also published as:

GB2303767 (A)  
 DE19629291 (A1)

## Abstract of US5731691

In a transponder, power supply circuitry is connected to an antenna and a response circuit. DC power to be fed to the response circuit is generated out of an electromagnetic wave come in through the antenna. A rectifier diode has an n type and a p type semiconductor region and is adjusted such that a reverse resistance against a reverse current directed from the n type region toward the p type region is lower than a forward resistance against a forward current directed from the latter region to the former region. A voltage output from the antenna on the receipt of the electromagnetic wave is applied to the rectifier diode, thereby causing a reverse current to flow to the diode. The resulting DC voltage is used to feed power to the response circuit. Even when the electromagnetic wave received from an interrogator is weak, sufficient power can be surely fed to the response circuit.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift

10 DE 196 29 291 A 1

21 Aktenzeichen: 196 29 291.3  
22 Anmeldetag: 19. 7. 98  
23 Offenlegungstag: 23. 1. 97

51 Int. Cl. 8: 4625  
H 04 B 1/59  
H 02 M 7/06  
H 02 J 17/00

DE 196 29 291 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31  
21.07.95 JP 185385/95

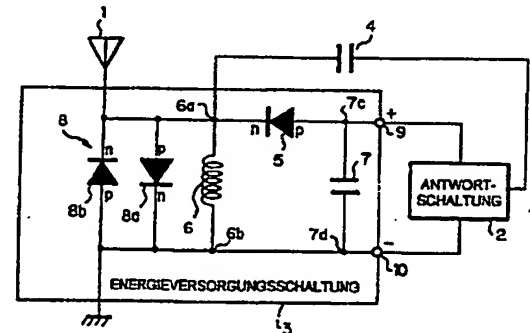
71 Anmelder:  
Oki Electric Industry Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:  
Betten & Resch, 80469 München

72 Erfinder:  
Noto, Hiroyuki, Tokio/Tokyo, JP

54 Energieversorgungsschaltung für einen Transponder, die mit geringer Leistung betreibbar ist

57 In einem Transponder ist eine Energieversorgungsschaltung (3) mit einer Antenne (1) und mit einer Antwortschaltung (2) verbunden. Aus einer elektromagnetischen Welle, die über die Antenne (1) ankommt, wird ein Gleichstrom erzeugt, der in die Antwortschaltung (2) eingespeist werden soll. Eine Gleichrichterdiode (5) weist einen n-Halbleiterbereich und einen p-Halbleiterbereich auf, und sie ist so eingestellt, daß ein Sperrwiderstand für einen vom n-Bereich in Richtung auf den p-Bereich gerichteten Sperrstrom kleiner als ein Durchlaßwiderstand für einen vom letzteren Bereich zum ersten Bereich gerichteten Durchlaßstrom ist. Eine Ausgangsspannung der Antenne (1) nach Empfang der elektromagnetischen Welle wird an die Gleichrichterdiode (5) angelegt, wodurch ein Sperrstrom durch die Gleichrichterdiode (5) fließt. Die sich ergebende Gleichspannung wird verwendet, um Energie in die Antwortschaltung (2) einzuspeisen. Selbst wenn die von einem Interrogator empfangene elektromagnetische Welle schwach ist, kann Energie sicher in die Antwortschaltung (2) eingespeist werden.



DE 196 29 291 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 98 802 094/813

18/28

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Energieversorgungsschaltung für einen Transponder, die in der Lage ist, aus von einer Abfrageeinrichtung bzw. von einem Interrogator empfangener Energie Gleichstrom zu erzeugen, der in eine Antwortschaltung eingespeist wird, die Informationen hinsichtlich beispielsweise der Art und der Kosten eines Artikels als Antwort auf den Interrogator ausgibt.

Die EP-Veröffentlichung 0 585 132 A1 beschreibt zum Beispiel einen Transponder, der mit einer Antenne eine elektromagnetische Welle von einem Interrogator empfängt, was seine Antwortschaltung dazu veranlaßt, als Antwort auf die empfangene Welle Informationen auszugeben und die Informationen über die Antenne an den Interrogator zu senden. Die Energieversorgung der Antwortschaltung erfolgt durch die Energie der empfangenen elektromagnetischen Welle. Zu diesem Zweck weist die Versorgungsschaltung eine Schwungradspule zum Umwandeln der Wechselstromenergie der empfangenen Welle in eine wechselgerichtete elektromotorische Kraft auf. Die elektromotorische Kraft wird mit einer Gleichrichterdiode gleichgerichtet und dann mit einem Glättungskondensator geglättet. Der sich ergebende Gleichstrom wird in die Antwortschaltung eingespeist.

Genauer gesagt wandelt die Energieversorgungsschaltung die Energie der empfangenen Welle beim Empfangen der elektromagnetischen Welle vom Interrogator über die Antenne in den Gleichstrom um und speist den Gleichstrom in die Antwortschaltung ein. Der Gleichstrom aktiviert die Antwortschaltung bzw. gibt sie frei. Beim Empfang eines Abfragesignals vom Interrogator demoduliert und analysiert die Antwortschaltung dieses Signal und gibt dann darin gespeicherte Informationen entsprechend der Abfrage aus.

Die Informationen werden über einen Koppelkondensator an die Antenne geleitet und über die Antenne an den Interrogator gesendet.

Um die Energieversorgungsschaltung des beschriebenen Typs zu aktivieren, ist es notwendig, die Gleichrichterdiode leitend zu machen. Dies erfolgt, wenn eine Wechselspannung mit einer Amplitude, die es ermöglicht, daß ein Durchlaßstrom durch die Gleichrichterdiode fließt, in den Halbleiterbereich des p-Typs der Diode eingegeben wird. Die minimale Spannungsamplitude, die es ermöglicht, daß ein Durchlaßstrom durch die Diode fließt, ist von der Art der Diode abhängig. Zum Beispiel ist die minimale Spannungsamplitude bei einer Silizium-Diode größer als etwa 0,6 V, bei einer Silizium-Schottky-Barrierendiode größer als etwa 0,4 V oder bei einer Germanium-Diode größer als etwa 0,15 V. Es ist bei Energieversorgungsschaltungen für einen Transponder üblich, eine Gleichrichterdiode mit einer solchen relativ hohen Durchlaßspannung zu verwenden. Dies zieht jedoch das Problem nach sich, daß die maximale Amplitude der Spannung des empfangenen Signals, das der Schaltung zugeführt wird, erhöht werden muß, damit die Schaltung Energie in die Antwortschaltung einspeisen kann. Dies erfolgt dadurch, daß die vom Interrogator abstrahlende elektromagnetische Welle intensiviert wird, oder dadurch, daß eine Antenne mit einer hohen Spannungsverstärkung verwendet wird.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Energieversorgungsschaltung für einen Transponder zu schaffen, die in der Lage ist, Gleichstrom in eine Antwortschaltung einzuspeisen, und zwar selbst dann,

wenn eine von einem Interrogator empfangene elektromagnetische Welle schwach ist oder wenn eine Antenne mit kleineren Antennengewinn verwendet wird.

Gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine Energieversorgungsschaltung für einen Transponder mit einem Empfangsbereich zum Empfangen elektromagnetischer Energie und mit einer Antwortschaltung verbunden, die zum Übertragen eines Signals in Antwort auf die empfangene elektromagnetische Energie mit dem Empfangsbereich verbunden ist. Die Energieversorgungsschaltung erzeugt Gleichstrom, der aus der empfangenen elektromagnetischen Energie in die Antwortschaltung einzuspeisen ist. Die Energieversorgungsschaltung weist eine erste Gleichrichterdiode mit einem Übergang auf, der durch einen n-Halbleiterbereich und durch einen p-Halbleiterbereich gebildet wird. Die erste Gleichrichterdiode ist so eingestellt, daß ein Sperrwiderstand für einen Sperrstrom, der vom n-Halbleiterbereich in Richtung auf den p-Halbleiterbereich gerichtet ist, kleiner als der Durchlaßwiderstand für einen Durchlaßstrom ist, der vom p-Halbleiterbereich in Richtung auf den n-Halbleiterbereich gerichtet ist. Die erste Halbleiterdiode ist zwischen den Empfangsbereich und den Antwortbereich geschaltet. Eine die vom Empfangsbereich, der die elektromagnetische Energie empfangen hat, ausgegebene Spannung wird an die erste Gleichrichterdiode angelegt, um dadurch zu bewirken, daß der Sperrstrom durch die erste Gleichrichterdiode fließt. Die sich ergebende Gleichspannungsausgabe von der ersten Gleichrichterdiode bewirkt, daß Energie in die Antwortschaltung eingespeist wird.

Ein Transponder weist gemäß der vorliegenden Erfindung ebenso einen Empfangsbereich zum Empfangen elektromagnetischer Energie auf, die von einem Interrogator ausgesendet wird. Eine Antwortschaltung ist zum Übertragen eines Signals an den Interrogator als Antwort auf die empfangene elektromagnetische Energie mit dem Empfangsbereich verbunden. Die Energieversorgungsschaltung ist mit dem Empfangsbereich und der Antwortschaltung verbunden, und zwar zum Erzeugen von an die Antwortschaltung anzulegendem Gleichstrom aus der empfangenen elektromagnetischen Energie. Die Energieversorgungsschaltung weist eine erste Gleichrichterdiode mit einem Übergang auf, der durch einen n-Halbleiterbereich und durch einen p-Halbleiterbereich gebildet wird. Die erste Gleichrichterdiode ist so eingestellt, daß ein Sperrwiderstand für einen Sperrstrom, der vom n-Halbleiterbereich in Richtung auf den p-Halbleiterbereich gerichtet ist, kleiner als ein Durchlaßwiderstand für einen Durchlaßstrom ist, der vom p-Halbleiterbereich in Richtung auf den n-Halbleiterbereich gerichtet ist. Die erste Gleichrichterdiode ist zwischen den Empfangsbereich und den Antwortbereich geschaltet. Eine Spannung, die vom Empfangsbereich, der die elektromagnetische Energie empfangen hat, ausgegeben wird, wird an die erste Gleichrichterdiode angelegt, um dadurch zu bewirken, daß der Sperrstrom durch die erste Gleichrichterdiode fließt. Die sich ergebende Gleichspannung, die von der ersten Gleichrichterdiode ausgegeben wird, bewirkt, daß Energie in die Antwortschaltung eingespeist wird.

Die Vorteile und weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den anliegenden Zeichnungen.

Fig. 1 zeigt ein Schaltungsdiagramm, das einen Transponder mit einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Energieversorgungsschaltung gemäß der vorliegenden

Erfindung zeigt;

Fig. 2 zeigt ein Diagramm, das eine Strom-Spannungs-Kennlinie einer Gleichrichterdiode zeigt, die in dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel enthalten ist;

Fig. 3 zeigt ein Diagramm, das das Ausführungsbeispiel von Fig. 1 und einen herkömmlichen Transponder hinsichtlich einer Beziehung zwischen der maximalen Amplitude einer Spannung und der tatsächlich gespeisten Leistung vergleicht;

Fig. 4 zeigt ein Diagramm, das eine weitere Strom-Spannungs-Kennlinie der Gleichrichterdiode zeigt, die im Ausführungsbeispiel von Fig. 1 enthalten ist;

Fig. 5 zeigt ein Schaltungsdiagramm, das einen Transponder mit einem alternativen Ausführungsbeispiel der Energieversorgungsschaltung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 6 zeigt ein schematisches Schaltungsdiagramm, das einen Transponder mit einem weiteren alternativen Ausführungsbeispiel der Energieversorgungsschaltung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 7 zeigt ein Schaltungsdiagramm, das einen Transponder mit einem weiteren alternativen Ausführungsbeispiel der Energieversorgungsschaltung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 8 zeigt ein Schaltungsdiagramm, das einen Transponder mit einem weiteren alternativen Ausführungsbeispiel der Energieversorgungsschaltung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 9 zeigt ein Schaltungsdiagramm, das einen herkömmlichen Transponder zeigt; und

Fig. 10 zeigt ein Diagramm, das eine Strom-Spannungs-Kennlinie einer gewöhnlichen Diode zeigt.

Fig. 1 zeigt einen Transponder, der eine Energieversorgungsschaltung 3 enthält, die die vorliegende Erfindung verkörpert. Der Transponder weist eine Sende-/Empfangsantenne 1 zum Empfangen einer von einem nicht gezeigten Interrogator gesendeten elektromagnetischen Welle und zum Aussenden eines Signals an den Interrogator auf. Eine Antwortschaltung 2 gibt als Antwort auf die elektromagnetische Welle oder das elektromagnetische Signal ein Signal auf der Grundlage von in ihr gespeicherten Informationen aus. Die Energieversorgungsschaltung 3 spricht auch insofern auf das empfangene Signal an, als Gleichstrom erzeugt wird, der in die Antwortschaltung 2 eingespeist wird. Das von der Antwortschaltung 2 ausgegebene Signal wird über einen Koppelkondensator 4 zur Antenne 1 geleitet und über die Antenne 1 abgestrahlt.

Die Energieversorgungsschaltung 3 weist eine Sperrdiode oder eine ähnliche Gleichrichterdiode 5 mit einem Übergang auf, der durch einen n-Halbleiterbereich und durch einen p-Halbleiterbereich gebildet wird. Die Gleichrichterdiode 5 ist so eingestellt, daß ein Sperrwiderstand für einen Sperrstrom vom n-Halbleiterbereich in Richtung auf den p-Halbleiterbereich kleiner als ein Durchlaßwiderstand für einen Durchlaßstrom vom letzteren Bereich in Richtung auf den ersten Bereich ist. Man nehme jeweils einen Sperr- und einen Durchlaßwiderstand für jeweils einen Sperr- und einen Durchlaßstrom an, die denselben Wert haben, der mindestens kleiner als der mittlere Laststrom der Antwortschaltung 2 ist. Dann ist der Sperrwiderstand der Diode 5 kleiner als ihr Durchlaßwiderstand. Der Sperr-Leitungsmechanismus der Diode 5 kann auf dem herkömmlichen Lawineneffekt oder auf dem Tunneleffekt beruhen. Der n-Bereich der Diode 5 ist mit der Antenne 1 verbunden, wohingegen der p-Bereich der Diode 5 über einen An-

schluß 9 mit der Antwortschaltung 2 verbunden ist.

Im allgemeinen weist eine Halbleiterdiode eine Durchlaßspannungs-Kennlinie auf, die von der Art des verwendeten Halbleiters abhängt. Zum Beispiel weist eine Silizium-Diode eine Kennlinie auf, bei der der Durchlaßstrom steil ansteigt, wenn eine an die Diode angelegte Durchlaßspannung auf über etwa 0,6 V ansteigt, wie es in Fig. 10 im einzelnen dargestellt ist. Auf der anderen Seite kann eine Halbleiterdiode mit irgend einer gewünschten Sperrspannungs-Kennlinie bereitgestellt werden, wenn ihr Störstellengehalt bei der Produktion entsprechend eingestellt wird. Fig. 2 zeigt eine Strom-Spannungs-Kennlinie für die Gleichrichterdiode 5 in der Energieversorgungsschaltung 3. Die Sperr-Durchbruchspannung liegt nahe bei 0 V. Diese Art einer Halbleiterdiode kann im Unterschied zu einer "gewöhnlichen" Diode, deren Durchlaßwiderstand kleiner als der Sperrwiderstand ist, hergestellt werden, indem der Störstellengehalt sowohl im p-Bereich als auch im n-Bereich so erhöht wird, daß beim Anlegen eines Sperrstroms eine Feldstärke des p-n-Übergangs aufgebaut wird, die größer als jene der "gewöhnlichen" Diode ist.

Die in Fig. 1 gezeigte Energieversorgungsschaltung 3 weist weiterhin eine Schwungradspule 6 und einen Glättungskondensator 7 auf. Die Schwungradspule 6 läßt eine von der Gleichrichtung der Diode 5 herrührende pulsierende Spannung hindurchtreten. Der Glättungskondensator 7 glättet die gleichgerichtete Spannung und speichert die sich ergebende Energie. Die Schwungradspule 6 ist an einem Ende 6a mit dem n-Bereich der Gleichrichterdiode 5 und am anderen Ende 6b mit einem Bezugspotential wie zum Beispiel mit Erde verbunden. Der Kondensator 7 ist an einem Ende 7c mit dem p-Bereich der Gleichrichterdiode 5 und am anderen Ende mit dem oben genannten Bezugspotential wie zum Beispiel mit Erde verbunden.

Eine Begrenzerschaltung 8 weist zwei gewöhnliche Dioden 8a und 8b auf, die jeweils einen Durchlaßwiderstand aufweisen, der wie zuvor angegeben kleiner als der Sperrwiderstand ist. Die Begrenzerschaltung 8 begrenzt die an den n-Bereich der Gleichrichterdiode 5 anzulegende Spannung. Grundsätzlich können die Dioden oder Schutzdioden 8a und 8b eine identische Strom-Spannungs-Kennlinie wie zum Beispiel die in Fig. 10 gezeigte Kennlinie aufweisen; der Durchlaßstrom steigt steil an, wenn die Durchlaßspannung auf über etwa 0,6 V steigt. Der p-Halbleiterbereich der Schutzdiode 8a ist mit dem n-Bereich der Gleichrichterdiode 5 verbunden und der n-Halbleiterbereich der Schutzdiode 8a ist mit Erde verbunden. Der n-Halbleiterbereich der anderen Schutzdiode 8b ist mit dem n-Bereich der Gleichrichterdiode 5 verbunden, und der p-Halbleiterbereich der Schutzdiode 8b ist mit Erde verbunden.

Im Betrieb wird eine vom Interrogator abgestrahlte elektromagnetische Welle von der Antenne 1 empfangen. Dies bewirkt, daß an einem Ende 6a der Schwungradspule 6 eine wechselgerichtete elektromotorische Kraft auftritt. Die elektromotorische Kraft bewirkt, daß abwechselnd ein Sperrstrom und ein Durchlaßstrom fließen, wobei der Durchlaßstrom kleiner als der Sperrstrom ist. Demzufolge wird entsprechend der Differenz zwischen dem Sperr- und dem Durchlaßstrom eine pulsierende Spannung erzeugt. Die pulsierende Spannung wird mit dem Glättungskondensator 7 geglättet. Folglich treten jeweils am Anschluß 9 und am Anschluß 10 eine positive (+) und eine negative (-) Gleichspannung auf. Die Antwortschaltung 2 wird durch die positiven

und negativen Gleichspannungen aktiviert. Die Antwortschaltung 2 demoduliert und analysiert das empfangene Signal und gibt entsprechend dem empfangenen Signal die in ihr gespeicherten Informationen aus. Die Informationen werden über den Koppelkondensator 4 an die Antenne 1 geleitet und über die Antenne 1 in Form einer elektromagnetischen Welle abgestrahlt.

Fig. 4 zeigt eine andere Strom-Spannungs-Kennlinie der Gleichrichterdiode 5. Die Diode 5 ist wiederum so eingestellt, daß der Sperrwiderstand für den Sperrstrom, der vom n-Bereich in Richtung auf den p-Bereich gerichtet ist, kleiner als der Durchlaßwiderstand für den Durchlaßstrom ist, der vom letzteren Bereich zum ersten Bereich gerichtet ist. Während die Kennlinie in Fig. 2 eine Sperr-Durchbruchspannung von etwa 0 V aufweist, weist die in Fig. 4 gezeigte Kennlinie eine Durchbruchspannung auf der positiven Seite (etwa 0,1 V in Fig. 4) auf.

Das vorstehende Ausführungsbeispiel wird nun mit einem in Fig. 9 gezeigten herkömmlichen Transponder verglichen. Der herkömmliche Transponder weist zusätzlich zur Sende-/Empfangsantenne 1, zur Antwortschaltung 2 und zum Koppelkondensator 4 eine Energieversorgungsschaltung 30 auf. Die Antenne 1 empfängt vom nicht gezeigten Interrogator eine elektromagnetische Welle und überträgt eine elektromagnetische Welle an den Interrogator. Die Antwortschaltung 2 gibt als Antwort auf das empfangene Signal auf der Grundlage der in ihr gespeicherten Informationen ein Signal aus. Die Schaltung 30 speist Gleichstrom in die Antwortschaltung 2 ein. Das von der Antwortschaltung 2 ausgegebene Signal wird über den Koppelkondensator 4 in die Antenne 1 eingespeist. Die Schaltung 30 ist aus einer Gleichrichterdiode 31, aus einer Schwungradspule 32 und aus einem Glättungskondensator 33 aufgebaut, wobei diese Bauteile wie gezeigt miteinander verbunden sind. Der p-Halbleiterbereich der Gleichrichterdiode 31 ist mit der Antenne 1 verbunden. Die Schwungradspule 32 erlaubt es einer von der Gleichrichtung durch die Diode 31 herrührenden pulsierenden Spannung, durch sie hindurchzutreten. Der Glättungskondensator 33 glättet die gleichgerichtete Spannung. Die Diode 31 ist durch die zuvor erwähnte "gewöhnliche" Diode implementiert, die die in Fig. 10 gezeigte Kennlinie aufweist.

Der Betrieb des herkömmlichen Transponders erfolgt wie nachstehend beschrieben. Eine von einem Interrogator abgestrahlte elektromagnetische Welle wird von der Antenne 1 empfangen und erzeugt an einem Ende 32a der Schwungradspule 32 eine wechselgerichtete elektromotorische Kraft. Die wechselgerichtete elektromotorische Kraft wird durch die Gleichrichterdiode 31 gleichgerichtet. Eine gleichgerichtete Spannung aus dem Gleichrichter 31 wird mit dem Glättungskondensator 33 geglättet. Demzufolge treten an Anschlüssen 34 und 35 jeweils eine positive und eine negative Gleichspannung auf, und diese aktivieren die Antwortschaltung 2. Die Antwortschaltung 2 demoduliert und analysiert das ihr von der Antenne 1 zugeführte empfangene Signal und gibt entsprechende, in ihr gespeicherte Informationen aus. Die Informationen werden über den Koppelkondensator 4 an die Antenne 1 geliefert.

Fig. 3 zeigt ein Diagramm, das einen Vergleich des Ausführungsbeispiels und der herkömmlichen Energieversorgungsschaltung 30 (Fig. 9) zeigt, und zwar hinsichtlich einer Beziehung zwischen der maximalen Amplitude  $V_{\text{peak}}$  (V) der in die Antenne 1 eingegebenen Spannung und der Leistung ( $\mu\text{W}$ ), die in die Antwort-

schaltung 2 eingespeist wird. In Fig. 3 stellen die Kurven  $E_1$  und  $E_2$  jeweils die Kennlinien des Ausführungsbeispiels dar, wohingegen eine Kurve C eine Darstellung der Kennlinie der herkömmlichen Energieversorgungsschaltung 30 ist. Wie Kurve C zeigt, läßt die herkömmliche Energieversorgungsschaltung 30 in den Bereichen  $A_1$  und  $A_2$ , in denen die maximale Amplitude  $V_{\text{peak}}$  der an die Antenne 1 eingegebenen Spannung niedrig ist, kaum irgendeinen Durchlaßstrom durch die Gleichrichterdiode 33 fließen, so daß der Antwortschaltung 2 kaum Energie zugeführt wird. Demgegenüber läßt die Energieversorgungsschaltung 3 (Fig. 2), deren Gleichrichterdiode 5 die in Fig. 2 gezeigte Charakteristik aufweist, wie die Kurve  $E_1$  zeigt sogar im Bereich  $A_2$ , in dem die maximale Amplitude  $V_{\text{peak}}$  niedrig ist, einen Sperrstrom durch die Diode 5 fließen. Daraus folgt, daß das Ausführungsbeispiel in der Lage ist, einen ausreichend großen Gleichstrom in die Antwortschaltung 2 einzuspeisen.

Wie die Kurve  $E_1$  weiterhin zeigt, nimmt die in die Antwortschaltung 2 eingespeiste Energie ab, wenn die maximale Amplitude der in den n-Bereich der Gleichrichterdiode 5 eingegebenen Spannung 0,3 V (Bereiche  $A_3$  und  $A_4$ ) übersteigt. Dies liegt daran, daß der Durchlaßstrom, der durch die Gleichrichterdiode 5 fließt, zu steigen beginnt, wenn die maximale Amplitude  $V_{\text{peak}}$  der in die Antenne 1 eingegebenen Spannung 0,3 V übersteigt. Im Ausführungsbeispiel begrenzt die Begrenzerschaltung 8 die Amplitude der an den n-Bereich der Diode 5 angelegten Spannung. Dies vermindert wirksam den Abfall der Leistung aufgrund des durch die Diode 5 fließenden Durchlaßstromes, und zwar sogar dann, wenn die maximale Amplitude der von der Antenne 1 abgegebenen Spannung 0,3 V (Bereiche  $A_3$  und  $A_4$ ) übersteigt.

Die in Fig. 3 gezeigte Kurve  $E_2$  ist eine Darstellung einer weiteren Kennlinie der Gleichrichterdiode 5 und sie ist von der in Fig. 4 gezeigten Spannungs-Strom-Kennlinie abgeleitet. Mit der Kennlinie von Fig. 4 ist es möglich, insgesamt eine größere Leistung als mit der Kennlinie von Fig. 2 einzuspeisen.

Das Ausführungsbeispiel empfängt mit seiner Antenne 1, die in einem elektromagnetischen Strahlungsfeld angeordnet ist, elektromagnetische Wellen. Falls dies gewünscht ist, kann die Antenne 1 durch eine Anordnung ersetzt werden, die elektromagnetische Energie dadurch empfängt, daß sie mit dem Interrogator durch elektromagnetische Kopplung, elektromagnetische Induktion oder durch Mikrowellen gekoppelt ist. Die Gleichrichterdiode 5 kann aus einem anderen Halbleiter als aus Silizium gebildet sein, und sie kann eine große Differenz zwischen ihrem Durchlaßwiderstand und ihrem Sperrwiderstand aufweisen, wie zum Beispiel bei einem zusammengesetzten Halbleiter oder bei einem organischen Halbleiter.

Mit Bezug auf Fig. 5 wird ein Transponder mit einem alternativen Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung beschrieben. In Fig. 5 sind Bestandteile, die den in Fig. 1 gezeigten Bestandteilen gleichen, mit ähnlichen Bezugszeichen versehen, und diese werden nicht näher beschrieben. Die Energieversorgungsschaltung 16 enthält zusätzlich zur Gleichrichterdiode 5 eine Gleichrichterdiode 11. Die Gleichrichterdiode 5 weist im wesentlichen die gleiche Kennlinie wie die Diode 11 auf, das heißt die in Fig. 2 oder 4 gezeigte Strom-Spannungs-Kennlinie. Die Energieversorgungsschaltung 16 enthält weiterhin zusätzlich zum Kondensator 7 einen Kondensator 12. Die Kondensatoren 7 und 12 sind hinsichtlich

ihrer Kennlinien im wesentlichen identisch.

Der p-Halbleiterbereich der Gleichrichterdiode 5 ist über einen Anschluß 13 mit der Antwortschaltung 2 verbunden, und deren n-Halbleiterbereich ist mit der Antenne 1 verbunden. Der p-Halbleiterbereich der anderen Gleichrichterdiode 11 ist mit dem n-Bereich der Diode 5 verbunden, und ihr n-Halbleiterbereich ist über ein Ende 12a des Kondensators 12 und einen Anschluß 15 mit der Antwortschaltung 12 verbunden. Das andere Ende 7d des Kondensators 12 ist mit Erde und über einen Anschluß 14 mit der Antwortschaltung 2 verbunden. Die Gleichrichterdiode 5 und 11 und die Kondensatoren 7 und 12 haben zusammen die Funktion einer Vollwellen-Doppelspannungs-Gleichrichterschaltung.

Im Betrieb wird eine von einem nicht gezeigten Interrogator ausgesandte elektromagnetische Welle von der Antenne 1 empfangen, und dies bewirkt, daß an einem Ende 6a der Schwungradspule 6 eine wechselgerichtete elektromotorische Kraft auftritt. Die wechselgerichtete elektromotorische Kraft bewirkt, daß wechselweise ein Sperrstrom und ein Durchlaßstrom, der kleiner als der Sperrstrom ist, durch eine Gleichrichterdiode 11 fließen.

Demzufolge wird entsprechend der Differenz zwischen dem Sperr- und dem Durchlaßstrom eine pulsierende Spannung erzeugt. Die pulsierende Spannung wird von einem Glättungskondensator 12 geglättet und sie liegt am Anschluß 15 als negative Gleichspannung an. Als Antwort auf die Gleichspannung demoduliert und analysiert die Antwortschaltung 2 das empfangene Signal, und sie gibt entsprechende, in ihr gespeicherte Informationen aus. Die Informationen werden über den Koppelkondensator 4 in die Antenne 1 eingespeist und über die Antenne 1 abgestrahlt. Mit diesem Ausführungsbeispiel ist es möglich, eine genügend große gleichgerichtete Leistung beziehungsweise einen genügend großen Gleichstrom in die Antwortschaltung 2 einzuspeisen, und zwar selbst dann, wenn die maximale Amplitude der von der Antenne 1 empfangenen Spannung klein ist. Hinsichtlich des übrigen Aufbaus kann dieses Ausführungsbeispiel identisch mit dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel sein.

Fig. 6 zeigt einen Transponder, der ein weiteres alternatives Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung enthält. In Fig. 6 sind Bestandteile, die den in Fig. 1 gezeigten Bestandteilen gleichen, mit ähnlichen Bezugszeichen versehen, und sie werden nicht detailliert beschrieben, um Wiederholungen zu vermeiden. Die Energieversorgungsschaltung 17 enthält vier Gleichrichterdiode 18, 19, 20 und 21 mit im wesentlichen gleichen Kennlinien, das heißt, sie sind so eingestellt, daß der Sperrwiderstand kleiner als der Durchlaßwiderstand ist. Die Dioden 18 bis 21 bilden eine Gleichrichter-Brückenschaltung, und jede der Dioden weist die in Fig. 2 oder 4 gezeigte Strom-Spannungs-Kennlinie auf.

Der in Fig. 6 gezeigte Transponder weist zwei Antennen 1a und 1b zum Empfang und zwei Antennen 1c und 1d zur Übertragung auf. Die Empfangsantenne 1a ist mit dem n-Halbleiterbereich der Gleichrichterdiode 18 und mit dem p-Halbleiterbereich der Gleichrichterdiode 20 verbunden. Die andere Empfangsantenne 1b ist mit dem n-Halbleiterbereich der Gleichrichterdiode 19 und mit dem p-Halbleiterbereich der Gleichrichterdiode 21 verbunden. Die beiden Übertragungsantennen 1c und 1d sind mit dem Ausgang der Antwortschaltung 2 verbunden.

In Betrieb wird eine von einem nicht gezeigten Interrogator ausgesandte elektromagnetische Welle von den Empfangsantennen 1a und 1b empfangen, und sie be-

wirkt, daß eine wechselgerichtete elektromotorische Kraft auftritt. Die wechselgerichtete elektromotorische Kraft bewirkt, daß ein Sperrstrom und ein Durchlaßstrom, der kleiner als der Sperrstrom ist, durch die Gleichrichterdiode 18 bis 21 fließen. Demzufolge wird entsprechend einer Differenz zwischen dem Sperr- und dem Durchlaßstrom eine pulsierende Spannung erzeugt. Die pulsierende Spannung wird von dem Glättungskondensator 7 geglättet, und sie bewirkt, daß jeweils an den Anschlüssen 9 und 10 eine positive Gleichspannung und eine negative Gleichspannung auftreten. Als Antwort auf die Gleichspannungen demoduliert und analysiert die Antwortschaltung 2 das empfangene Signal und gibt entsprechende, darin gespeicherte Informationen aus. Die Informationen werden über die Übertragungsantennen 1c und 1d an den Interrogator gesendet. Dieses Ausführungsbeispiel ist auch in der Lage, einen genügend großen Gleichstrom in die Antwortschaltung 2 einzuspeisen, und zwar selbst dann, wenn die maximale Amplitude der ihm von den Empfangsantennen 1a und 1b eingegebenen Spannung klein ist. Hinsichtlich des übrigen Aufbaus kann dieses Ausführungsbeispiel ebenfalls identisch mit dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel sein.

Fig. 7 zeigt einen Transponder, der noch ein weiteres alternatives Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung enthält. In Fig. 7 sind Bestandteile, die den in Fig. 1 gezeigten Bestandteilen gleichen, mit ähnlichen Bezugszeichen versehen, und sie werden nicht detaillierter beschrieben, um Wiederholungen zu vermeiden. Die Energieversorgungsschaltung 22 weist einen zusätzlichen Kondensator 23 und zwei Gleichrichterdiode 24 und 25 mit im wesentlichen gleichen Kennlinien auf, das heißt, sie sind so eingestellt, daß der Sperrwiderstand kleiner als der Durchlaßwiderstand ist. Die Gleichrichterdiode 24 und 25 weisen die in Fig. 2 oder 4 gezeigte Strom-Spannungs-Kennlinie auf, und sie bilden eine Doppel-Spannungs-Gleichrichtungsschaltung.

In Betrieb wird eine von einem nicht gezeigten Interrogator ausgesandte elektromagnetische Welle von der Antenne 1 empfangen, und sie bewirkt, daß eine wechselgerichtete elektromotorische Kraft auftritt. Die wechselgerichtete elektromotorische Kraft bewirkt, daß durch die Gleichrichterdiode 24 und 25 ein Sperrstrom sowie ein Durchlaßstrom, der kleiner als der Sperrstrom ist, fließen. Demzufolge wird entsprechend einer Differenz zwischen den Sperr- und Durchlaßströmen eine pulsierende Spannung erzeugt. Die pulsierende Spannung wird von dem Kondensator 7 geglättet und sie bewirkt, daß jeweils an den Anschlüssen 9 und 10 eine positive und eine negative Gleichspannung auftreten. Als Antwort auf die Gleichspannungen demoduliert und analysiert die Antwortschaltung 2 das empfangene Signal und gibt entsprechende, in ihr gespeicherte Informationen aus. Die Informationen werden über den Koppelkondensator 4 zu der Antenne 1 geleitet und über die Antenne 1 an den Interrogator gesendet. Bei dieser Konfiguration kann wie in den vorherigen Ausführungsbeispielen ein genügend großer Gleichstrom in die Antwortschaltung 2 eingespeist werden, und zwar selbst dann, wenn die maximale Amplitude der von der Antenne 1 zugeführte Spannung klein ist. Hinsichtlich des übrigen Aufbaus kann dieses Ausführungsbeispiel mit dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel identisch sein.

Fig. 8 zeigt einen Transponder, der ein weiteres alternatives Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung enthält. In Fig. 1 sind Bestandteile, die den in Fig. 1



gezeigten Bestandteilen gleichen, mit ähnlichen Bezugszeichen versehen, und sie werden nicht detaillierter beschrieben, um Wiederholungen zu vermeiden. Die Energieversorgungsschaltung 26 weist ein Paar zusätzlicher Kondensatoren 23a und 23b, zwei Gleichrichterdioden 24a und 25a und zwei weitere Gleichrichterdioden 24b und 25b auf. Die Dioden 24a und 25a und die Dioden 24b und 25b weisen im wesentlichen die gleiche Kennlinien auf, und sie weisen insbesondere die in Fig. 2 oder 4 gezeigte Strom-Spannungs-Kennlinie auf. In der in Fig. 8 gezeigten Konfiguration bilden die Dioden 24a und 25a und die Dioden 24b und 25b eine Vierfach-Spannungsgleichrichterschaltung, und zwar in Verbindung mit den Kondensatoren 23a und 23b und den Kondensatoren 7a und 7b.

In Betrieb wird eine von einem nicht gezeigten Interrogator ausgesandte elektromagnetische Welle von der Antenne 1 empfangen, und sie bewirkt, daß eine wechselgerichtete elektromotorische Kraft auftritt. Die wechselgerichtete elektromotorische Kraft bewirkt, daß ein Sperrstrom und ein Durchlaßstrom, der kleiner als der Sperrstrom ist, durch die Gleichrichterdioden 24a und 25a und die Gleichrichterdioden 24b und 25b fließen. Demzufolge wird entsprechend einer Differenz zwischen dem Sperr- und dem Durchlaßstrom eine pulsierende Spannung erzeugt. Die pulsierende Spannung wird von den Kondensatoren 7a und 7b geglättet, und sie bewirkt, daß jeweils an den Anschlüssen 9 und 10 eine positive und eine negative Gleichspannung auftreten. Als Antwort auf die Gleichspannungen demoduliert und analysiert die Antwortschaltung 2 das empfangene Signal und gibt entsprechende, darin gespeicherte Informationen aus. Die Informationen werden über den Kopplerkondensator 4 zu der Antenne 1 geleitet und über die Antenne 1 an den Interrogator gesandt. Bei dieser Konfiguration kann ebenfalls eine genügend große gleichgerichtete Leistung beziehungsweise ein genügend großer Gleichstrom in die Antwortschaltung 2 eingespeist werden, wenn die maximale Amplitude der von der Antenne 1 eingegebenen Spannung klein ist. Hinsichtlich des übrigen Aufbaus kann dieses Ausführungsbeispiel ebenfalls mit dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel identisch sein.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die vorliegende Erfindung eine Energieversorgungsschaltung für einen Transponder bereitstellt, die in der Lage ist, einen genügend großen gleichgerichteten Strom in eine Antwortschaltung einzuspeisen, und zwar selbst dann, wenn die von einem Interrogator empfangene elektromagnetische Welle schwach ist oder wenn eine geringe Antennenverstärkung vorliegt.

Obwohl die vorliegende Erfindung mit Bezug auf die bestimmten veranschaulichenden Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, ist sie nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt. Der Fachmann kann die Ausführungsbeispiele ändern oder modifizieren, ohne von Umfang und Wesen der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

#### Patentansprüche

1. Energieversorgungsschaltung für einen Transponder, die mit einer Empfangseinrichtung (1) zum Empfangen elektromagnetischer Energie und mit einer Antwortschaltung (2) verbunden ist, die zum Übertragen eines Signals als Antwort auf die empfangene elektromagnetische Energie mit der Empfangseinrichtung (1) in Verbindung steht, wobei die

Energieversorgungsschaltung aus der empfangenen elektromagnetischen Energie einen Gleichstrom erzeugt, der in die Antwortschaltung einspeisbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Energieversorgungsschaltung (3) die folgenden Merkmale aufweist:

- eine erste Gleichrichterdiode (5) mit einem aus einem n-Halbleiterbereich und einem p-Halbleiterbereich gebildeten Übergang, die so eingestellt ist, daß ein Sperrwiderstand für einen vom n-Halbleiterbereich in Richtung auf den p-Halbleiterbereich gerichteten Sperrstrom kleiner ist als der Durchlaßwiderstand für einen vom p-Halbleiterbereich in Richtung auf den n-Halbleiterbereich gerichteten Durchlaßstrom;
- die erste Gleichrichterdiode (5) ist zwischen die Empfangseinrichtung (1) und die Antwortschaltung (2) geschaltet;
- eine von der die elektromagnetische Energie empfangende Empfangseinrichtung abgegebene Spannung liegt an der ersten Gleichrichterdiode (5) an, so daß der Sperrstrom durch die erste Gleichrichterdiode (5) fließt, und eine sich ergebende, von der ersten Gleichrichterdiode (5) abgegebene Gleichspannung bewirkt, daß Energie in die Antwortschaltung (2) eingespeist wird.

2. Energieversorgungsschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der n-Halbleiterbereich der ersten Gleichrichterdiode (5) mit der Empfangseinrichtung (1) verbunden ist und daß der p-Halbleiterbereich der ersten Gleichrichterdiode (5) mit der Antwortschaltung (2) verbunden ist.

3. Energieversorgungsschaltung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Gleichrichterdiode (5) so eingestellt ist, daß bei einem Durchlaßwiderstand und bei einem Sperrwiderstand für Ströme, die innerhalb eines Bereichs eines in die Antwortschaltung (2) einzuspeisenden Stromes einen gleichen Wert aufweisen, der Sperrwiderstand kleiner als der Durchlaßwiderstand ist.

4. Energieversorgungsschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Gleichrichterdiode (5) als Silizium-Diode ausgebildet ist und daß die Sperrspannung der ersten Gleichrichterdiode (5) kleiner oder gleich 0,3 V ist.

5. Energieversorgungsschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie weiterhin die folgenden Merkmale aufweist:

- eine Spule (6), die an einem Ende mit dem n-Halbleiterbereich der ersten Gleichrichterdiode (5) und am anderen Ende mit einem Bezugspotential verbunden ist; und
- einen ersten Kondensator (7), der an einem Ende (7c) mit dem p-Halbleiterbereich der ersten Gleichrichterdiode (5) und am anderen Ende (7d) mit dem Bezugspotential verbunden ist.

6. Energieversorgungsschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie weiterhin eine Begrenzerschaltung (8) zum Begrenzen einer an den n-Halbleiterbereich der ersten Gleichrichterdiode (5) anzulegenden

Spannung aufweist.

7. Energieversorgungsschaltung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Begrenzerschaltung (8) eine erste Schutzdiode (8a) und eine zweite Schutzdiode (8b) aufweist, wobei:

- ein p-Halbleiterbereich der ersten Schutzdiode (8a) mit dem n-Halbleiterbereich der ersten Gleichrichterdiode (5) verbunden ist,
- ein n-Halbleiterbereich der ersten Schutzdiode (8a) mit dem Bezugspotential verbunden ist,
- ein n-Halbleiterbereich der zweiten Schutzdiode (8b) mit dem n-Halbleiterbereich der ersten Gleichrichterdiode (5) verbunden ist, und
- ein p-Halbleiterbereich der zweiten Schutzdiode (8b) jeweils mit dem dem Bezugspotential verbunden ist.

8. Energieversorgungsschaltung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Schutzdiode (8a) und die zweite Schutzdiode (8b) jeweils eine gewöhnliche Strom-Spannungs-Kennlinie aufweisen.

9. Energieversorgungsschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie weiterhin die folgenden Merkmale aufweist:

- eine zweite Gleichrichterdiode (11) mit im wesentlichen der gleichen Kennlinie wie die erste Gleichrichterdiode (5); und
- einen zweiten Kondensator (12) mit im wesentlichen der gleichen Charakteristik wie der erste Kondensator (7);
- die zweite Gleichrichterdiode (11) weist einen Übergang aus einem n-Halbleiterbereich und aus einem p-Halbleiterbereich auf, wobei der p-Halbleiterbereich der zweiten Gleichrichterdiode (11) mit dem n-Halbleiterbereich der ersten Gleichrichterdiode (5) verbunden ist und wobei der n-Halbleiterbereich der zweiten Gleichrichterdiode (11) mit einem Ende (7b) des zweiten Kondensators (12) verbunden ist;
- das andere Ende (12a) des zweiten Kondensators (12) ist mit dem Bezugspotential verbunden.

10. Energieversorgungsschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie weiterhin die folgenden Merkmale aufweist:

- einen Kondensator (23), der zwischen die Empfangseinrichtung (1) und die erste Gleichrichterdiode (5) geschaltet ist; und
- eine zweite Gleichrichterdiode (25), die zwischen den Kondensator (23) und das Bezugspotential geschaltet ist und die im wesentlichen die gleiche Kennlinie wie die erste Gleichrichterdiode (5) aufweist.

11. Energieversorgungsschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine erste Gleichrichterdiode (24b) vorgesehen ist, die mit einem positiven Eingang (9) der Antwortschaltung (2) verbunden ist, wobei die Energieversorgungsschaltung (26) weiterhin die folgenden Merkmale aufweist:

- einen ersten Kondensator (23b), der zwischen die Empfangseinrichtung (1) und die erste Gleichrichterdiode (24b) geschaltet ist;
- eine Reihenschaltung eines zweiten Kondensators (23a) und einer zweiten Gleichrichterdiode (24a), wobei diese zwischen die Empfangseinrichtung (1) und einen negativen Ein-

gang (10) der Antwortschaltung (2) geschaltet sind; und

- eine Reihenschaltung einer dritten Gleichrichterdiode (25a) und einer vierten Gleichrichterdiode (25b), wobei diese zwischen einen Übergang zwischen dem zweiten Kondensator (23a) und der zweiten Gleichrichterdiode (24a) und zwischen einen Übergang zwischen dem ersten Kondensator (23b) und der ersten Gleichrichterdiode (24b) geschaltet sind, wobei die dritte Gleichrichterdiode (25a) und die vierte Gleichrichterdiode (25b) im wesentlichen die gleiche Kennlinie wie die erste Gleichrichterdiode aufweisen.

12. Energieversorgungsschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Gleichrichterdiode (18) mit einem positiven Eingang (9) der Antwortschaltung (2) verbunden ist, wobei die Energieversorgungsschaltung (17) weiterhin die folgenden Merkmale aufweist:

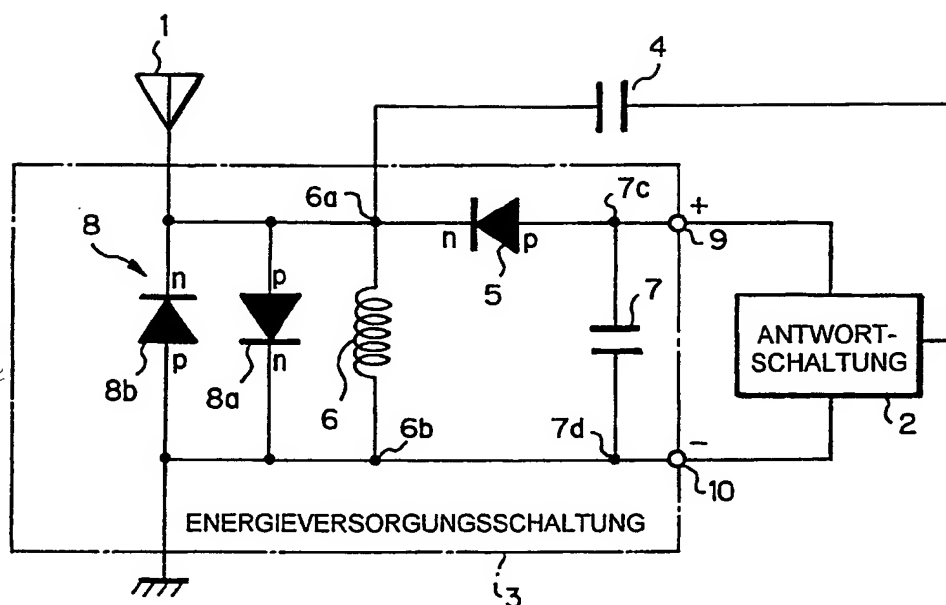
- eine zweite Gleichrichterdiode (20), die zwischen die Empfangseinrichtung (1a) und einen negativen Eingang (10) der Antwortschaltung (2) geschaltet ist, die im wesentlichen die gleiche Kennlinie wie die erste Gleichrichterdiode (18) aufweist und die in entgegengesetzter Richtung zur ersten Gleichrichterdiode (18) geschaltet ist;
- eine dritte Gleichrichterdiode (19), die zwischen eine zusätzliche Empfangseinrichtung (1b) zum Empfangen der elektromagnetischen Energie und den positiven Eingang (9) der Antwortschaltung (2) geschaltet ist, die im wesentlichen die gleiche Kennlinie wie die erste Gleichrichterdiode (18) aufweist und die in der gleichen Richtung wie die erste Gleichrichterdiode (18) geschaltet ist; und
- eine vierte Gleichrichterdiode (21), die zwischen die zusätzlichen Empfangseinrichtung (1b) und den negativen Eingang (10) der Antwortschaltung (2) geschaltet ist, die im wesentlichen die gleiche Kennlinie wie die dritte Gleichrichterdiode (19) aufweist und die in entgegengesetzter Richtung zur dritten Gleichrichterdiode (19) geschaltet ist.

13. Energieversorgungsschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangseinrichtung eine Antenne zum Empfangen der elektromagnetischen Energie in Form einer elektromagnetischen Welle aufweist.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen



Fig. 1



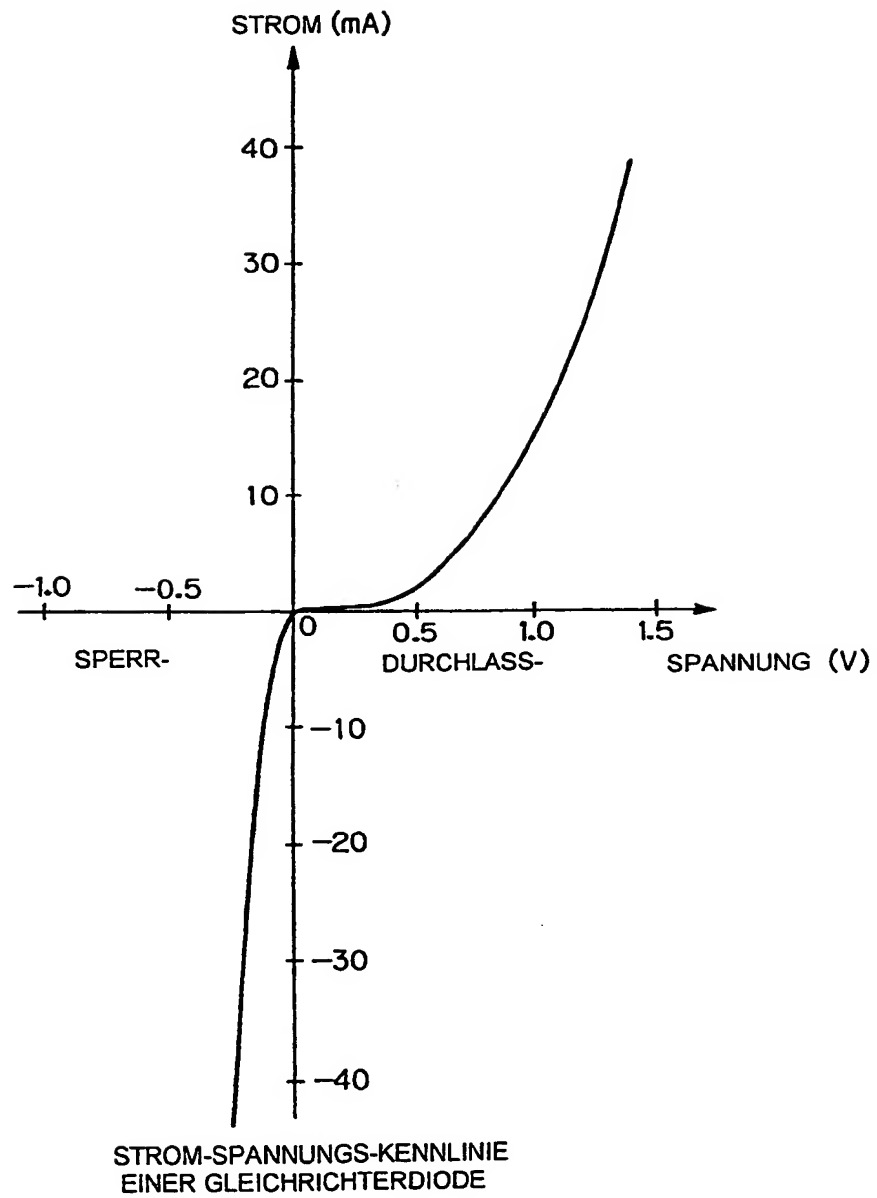
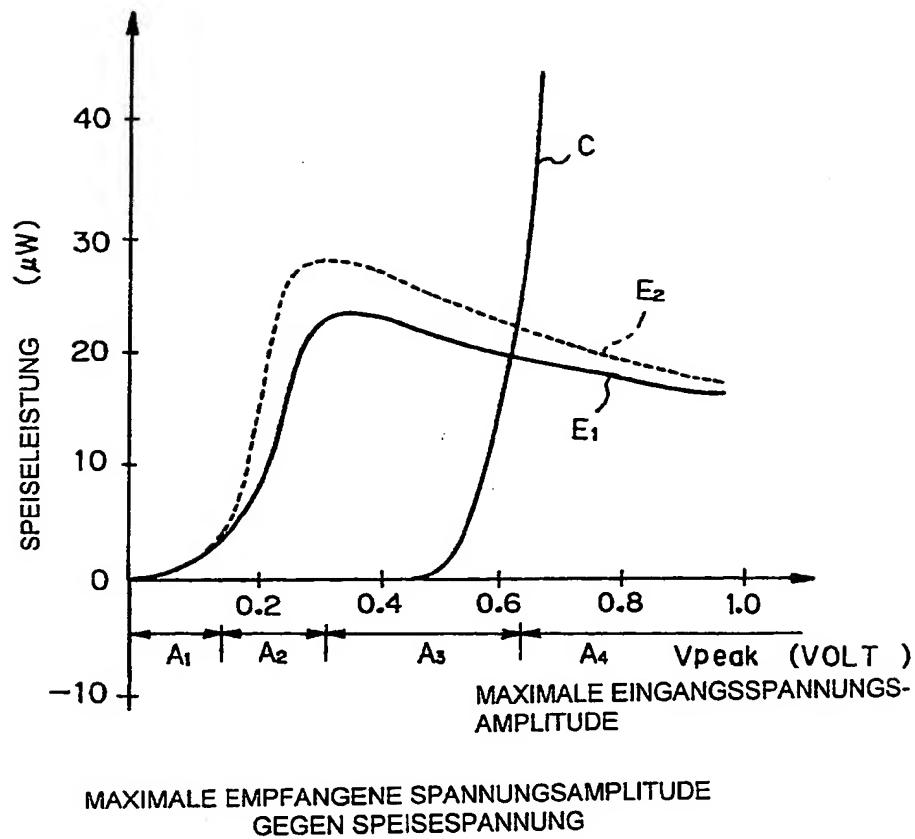
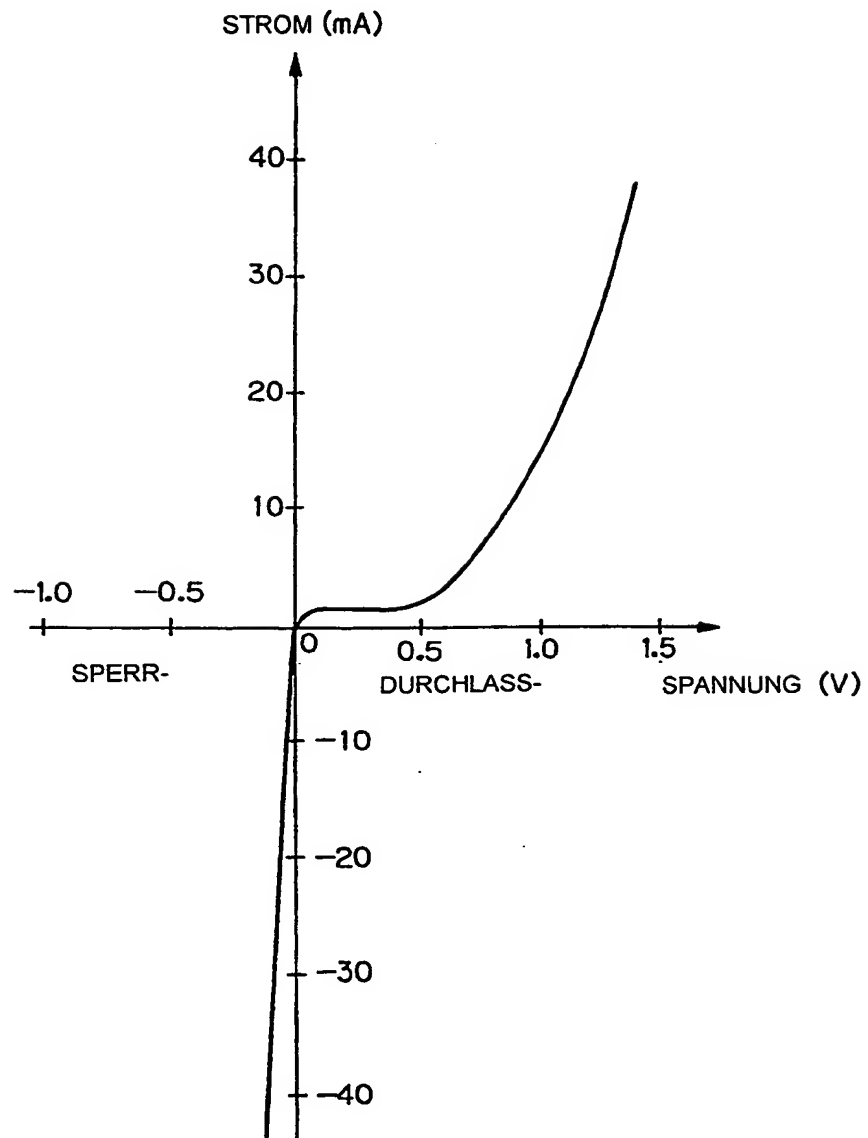
*Fig. 2*

Fig. 3



**Fig. 4**

STROM-SPANNUNGS-KENNLINIE  
EINER GLEICHRICHTERDIODE

Fig. 5

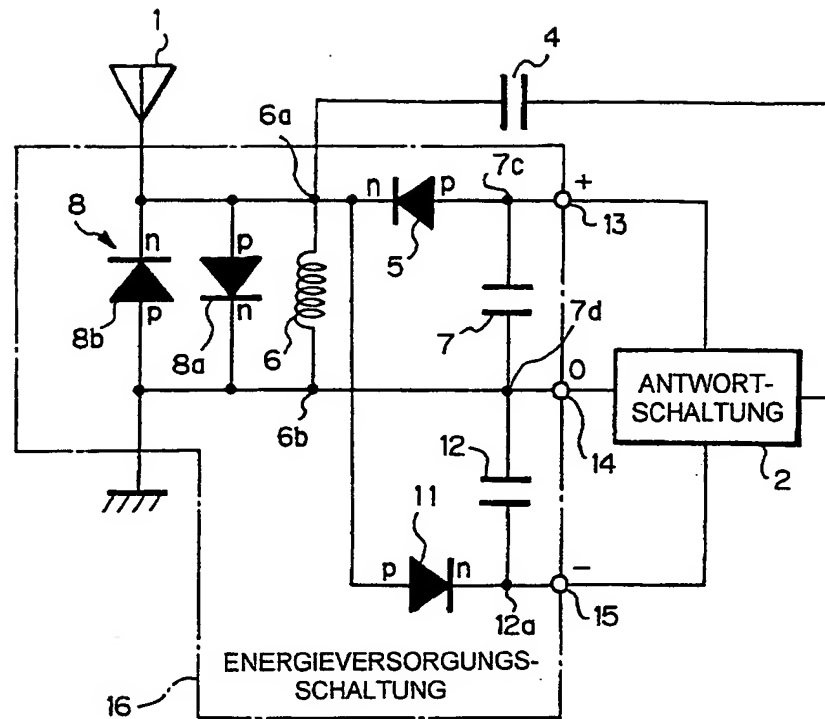


Fig. 6

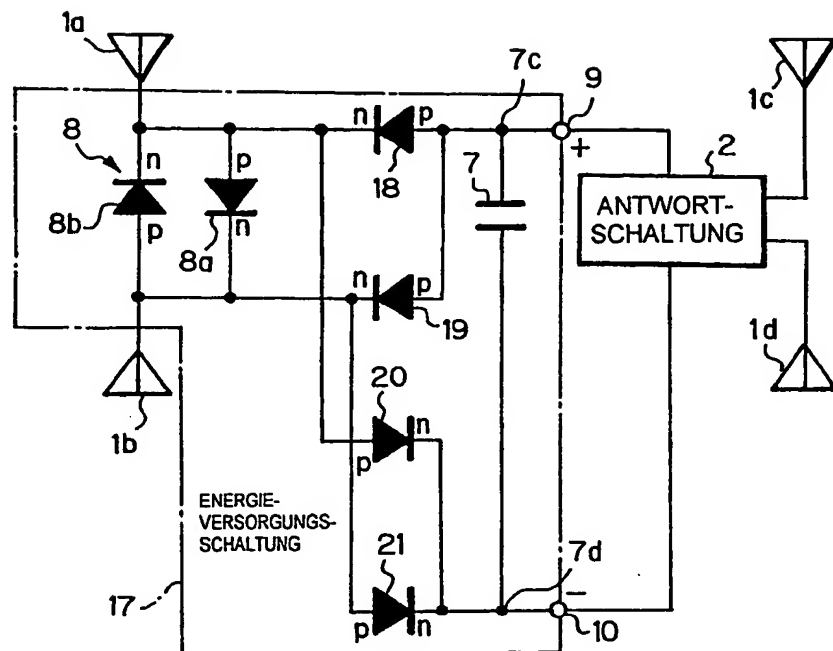


Fig. 7

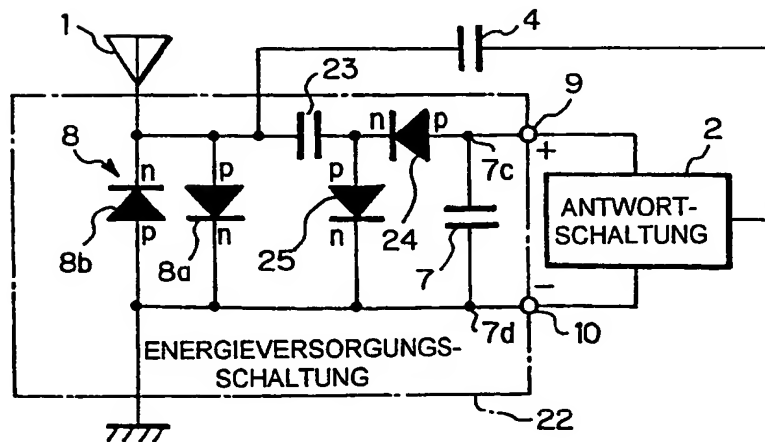
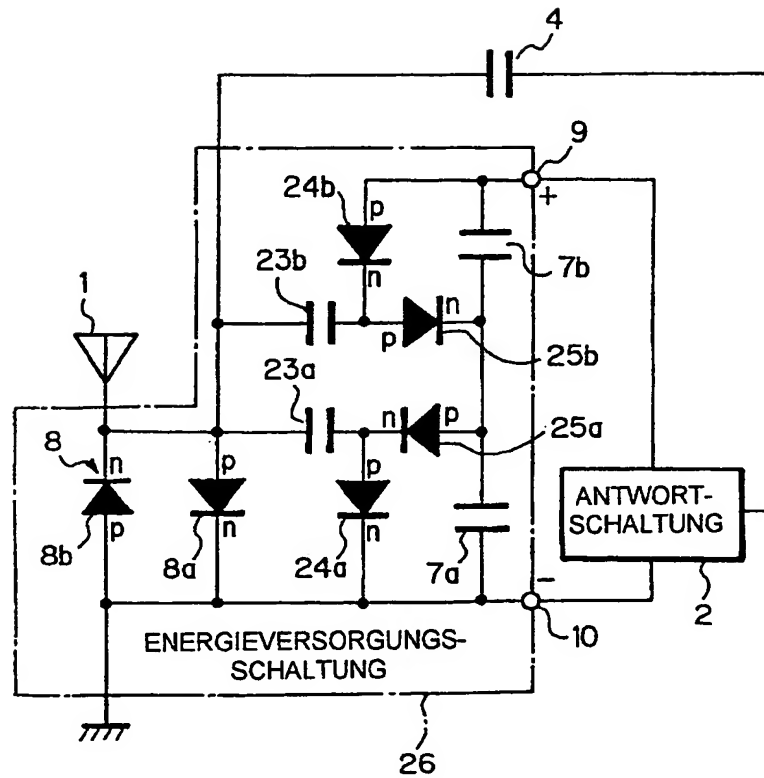




Fig. 8



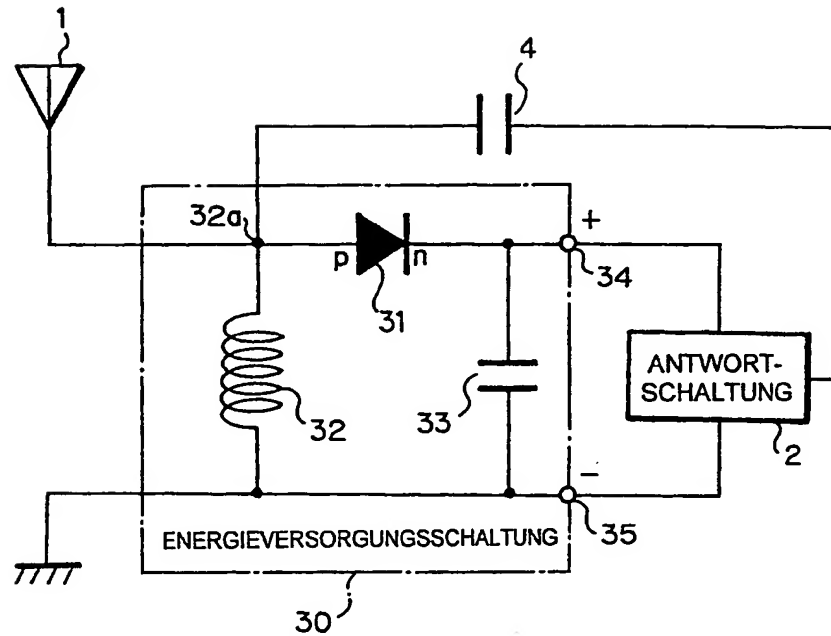
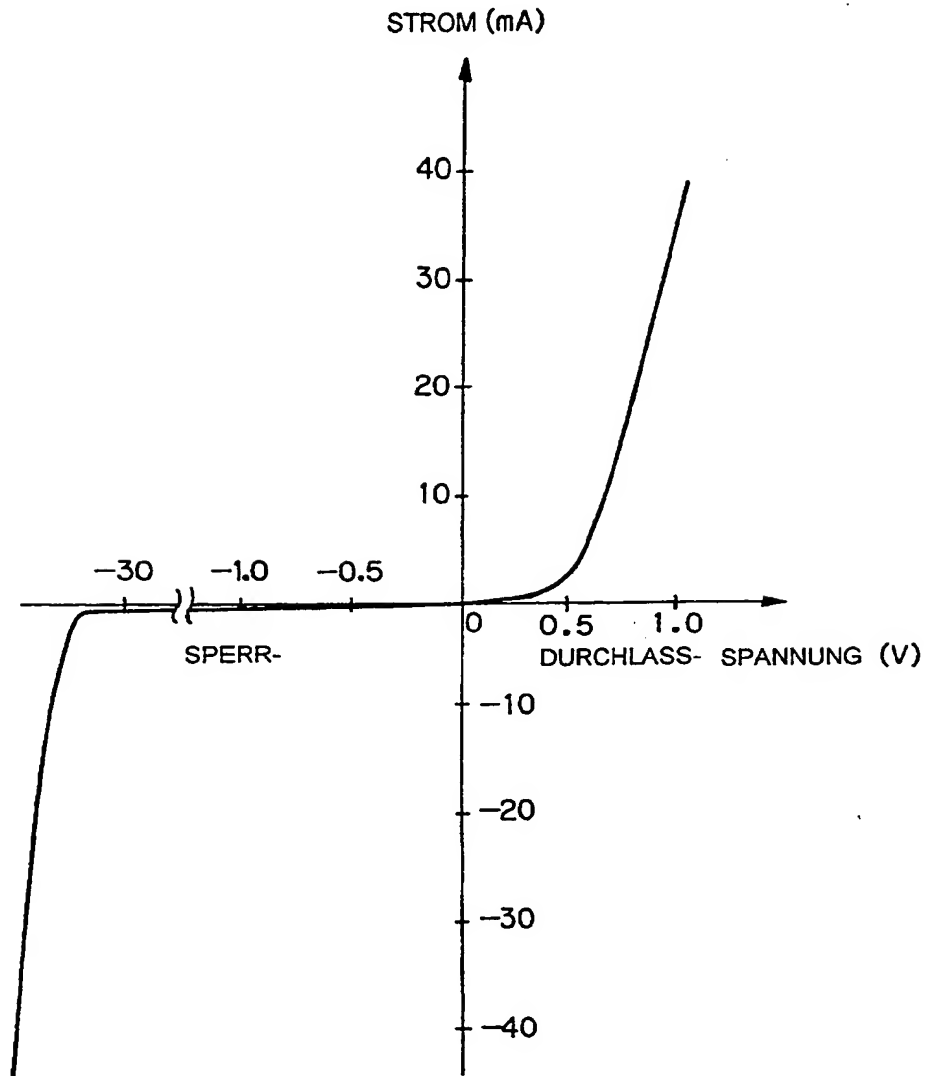
*Fig. 9* STAND DER TECHNIK

Fig. 10



STROM-SPANNUNGS-KENNLINIE  
EINER GLEICHRICHTERDIODE